Sistemas de Telecomunicações II

Modo de Transferência Assíncrono

Modo de Transferência Assíncrono

Modelo de Referência Protocolar

- Plano de Utilizador

- Plano de Controlo

- Plano de Gestão

Funções das Camada

- Física, ATM e Adaptação.

Canais e Circuitos Virtuais

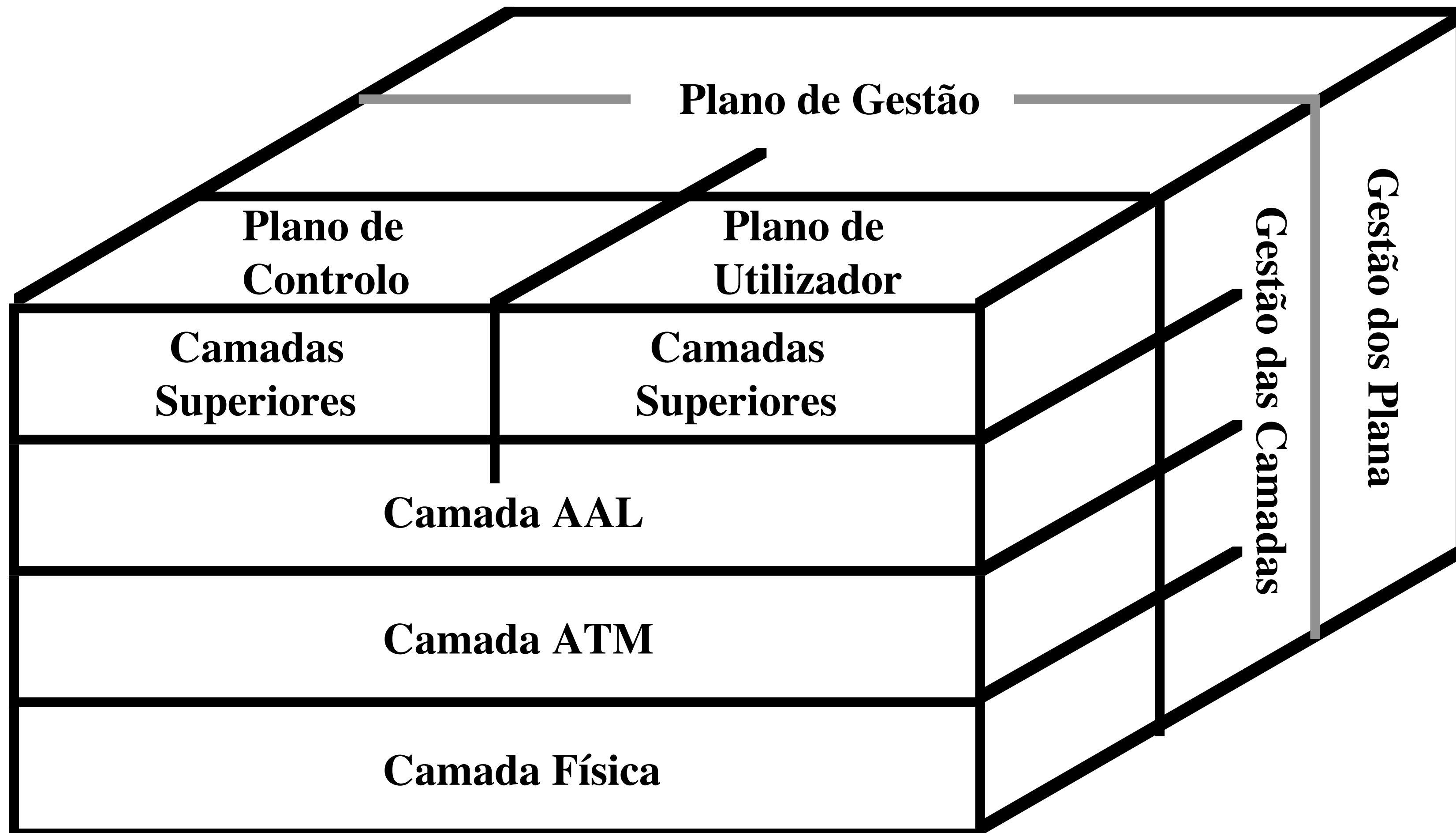
Célula ATM

Transmissão de Células ATM na SDH

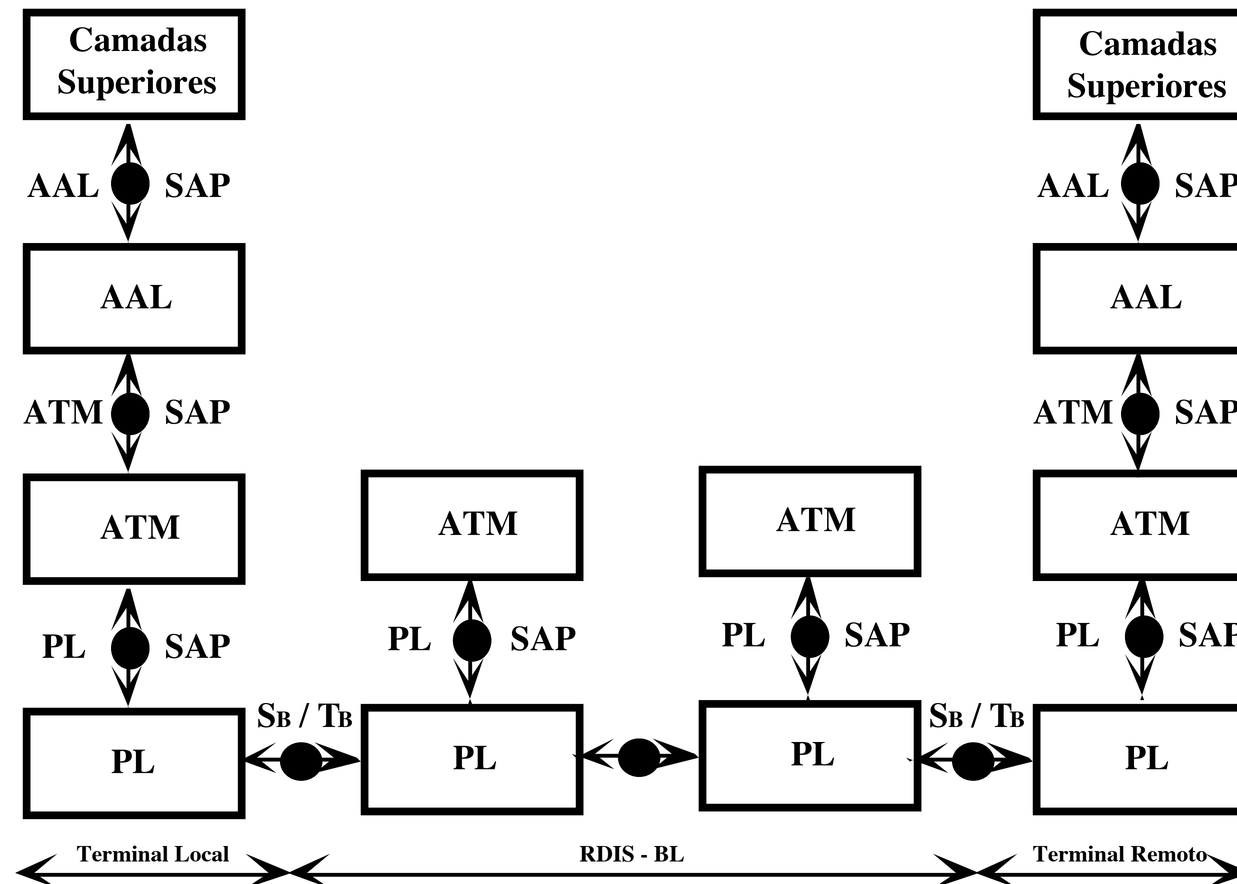
Integração de Redes Locais em Redes ATM

Modo de Transferência Assíncrono

Modelo de Referência Protocolar



Modo de Transferência Assíncrono
Plano de Utilizador



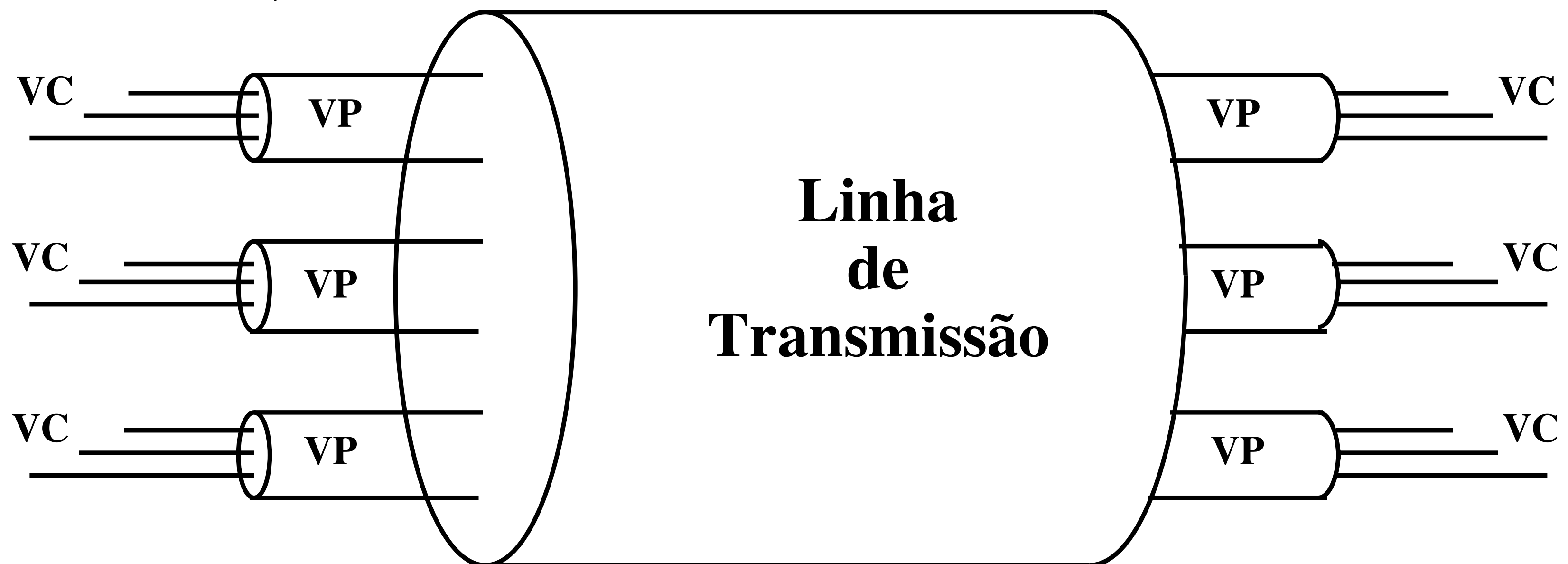
Modo de Transferência Assíncrono

Funções das Camadas

Plano de Gestão	**Funções das camadas Superiores**		
	Convergência	**CS**	**C. AAL**
	Segmentação e Reassemblagem	**SAR**	
	Controlo Gernérico de Fluxo **Geração e extração do cabeçalho das células** **Comutação** **Multiplexagem e desmultiplexagem**		**C. ATM**
	Delineação de células **Inserção e extração de células em tramas**	**TC**	**C. Física**
	Extração de relógio **Meio Físico**	**PM**	

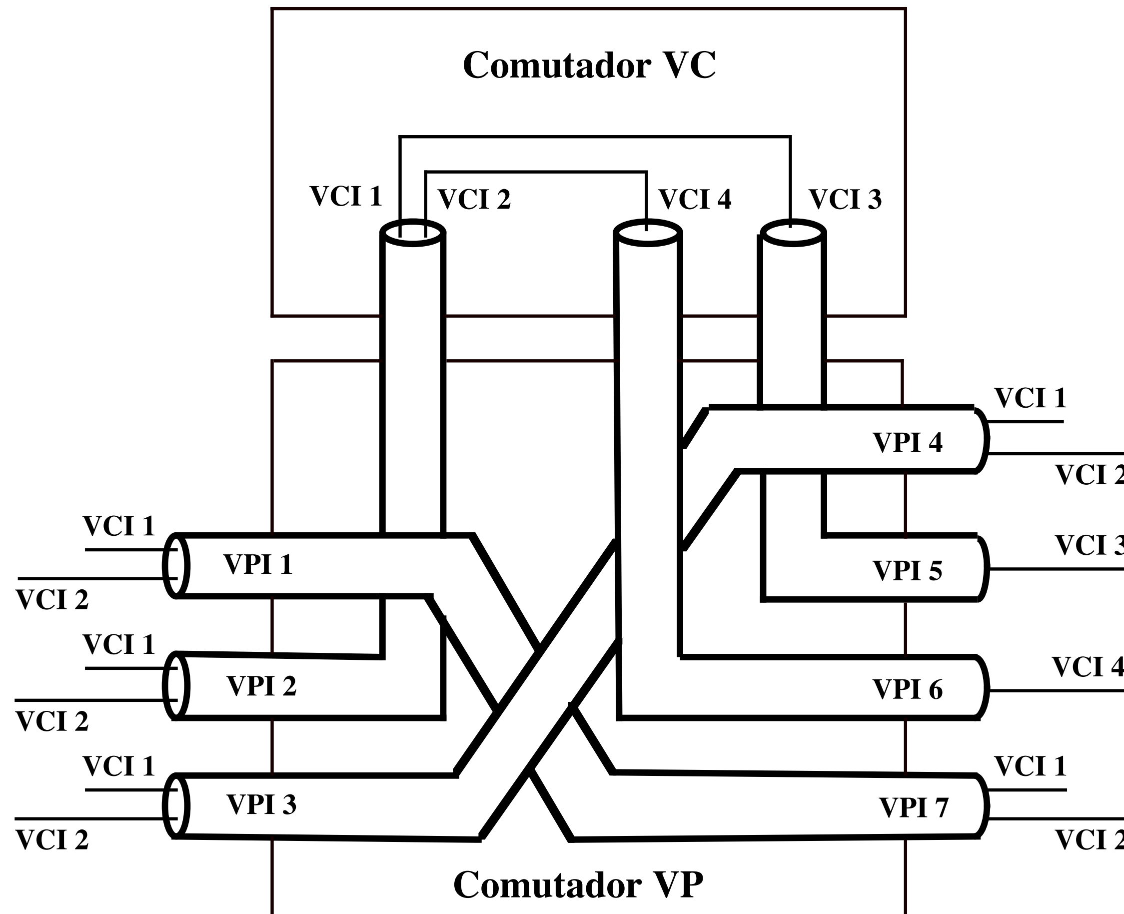
Modo de Transferência Assíncrono

Canais e Circuitos Virtuais



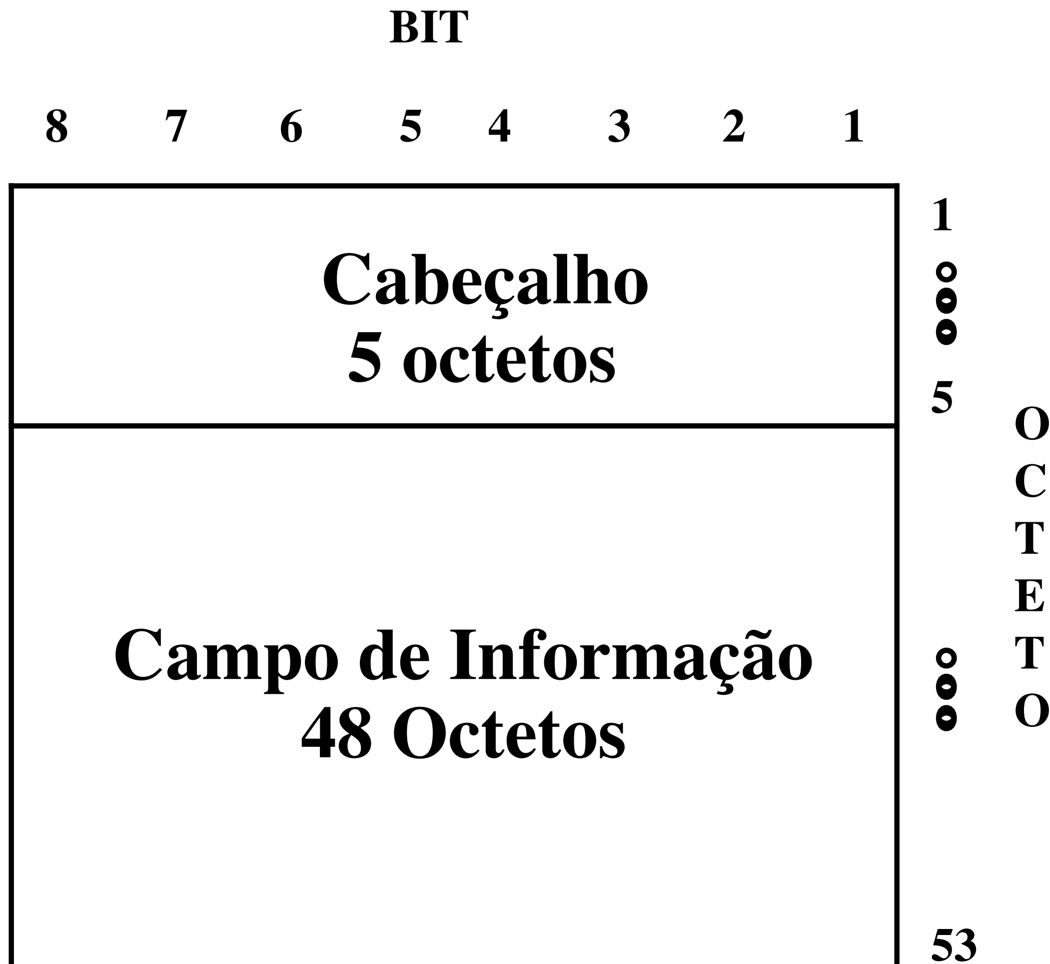
Modo de Transferência Assíncrono

Comutação



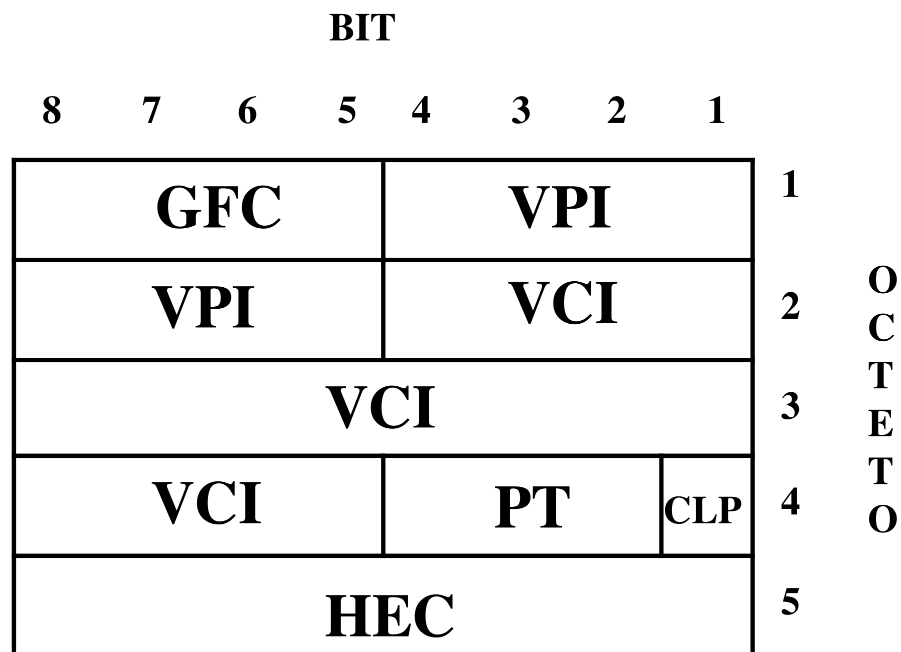
Modo de Transferência Assíncrono

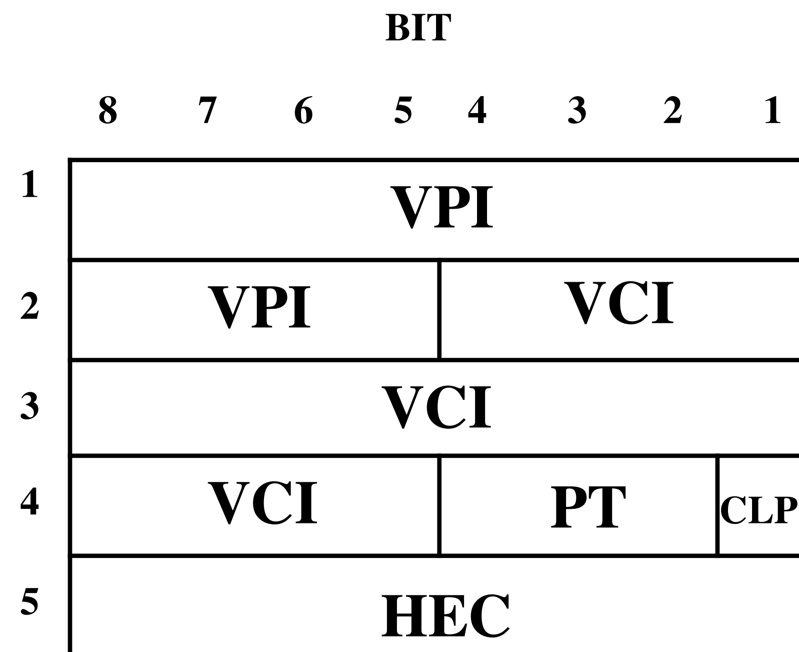
Célula ATM



Modo de Transferência Assíncrono
Cabeçalho da Célula ATM

UNI, User Network Interface **NNI, Network Node Interface**





Modo de Transferência Assíncrono

Cabeçalho da Célula ATM

UNI, User Network Interface

Controlo genérico de fluxo *(GFC, Generic Flow Control)* ***4 bits;***
Encaminhamento (24 bits)
- ***8 bits identificação do trajecto virtual (VPI)***
- ***16 bits de identificação de canal virtual (VCI);***

Tipo de Célula *(PT, Payload Type)* ***3 bits***
Prioridade de descarga de células *(CLP, Cell Loss Priority)* ***1 bit;***
Protecção do cabeçalho *(HEC, Header Error Control)* ***8 bits.***

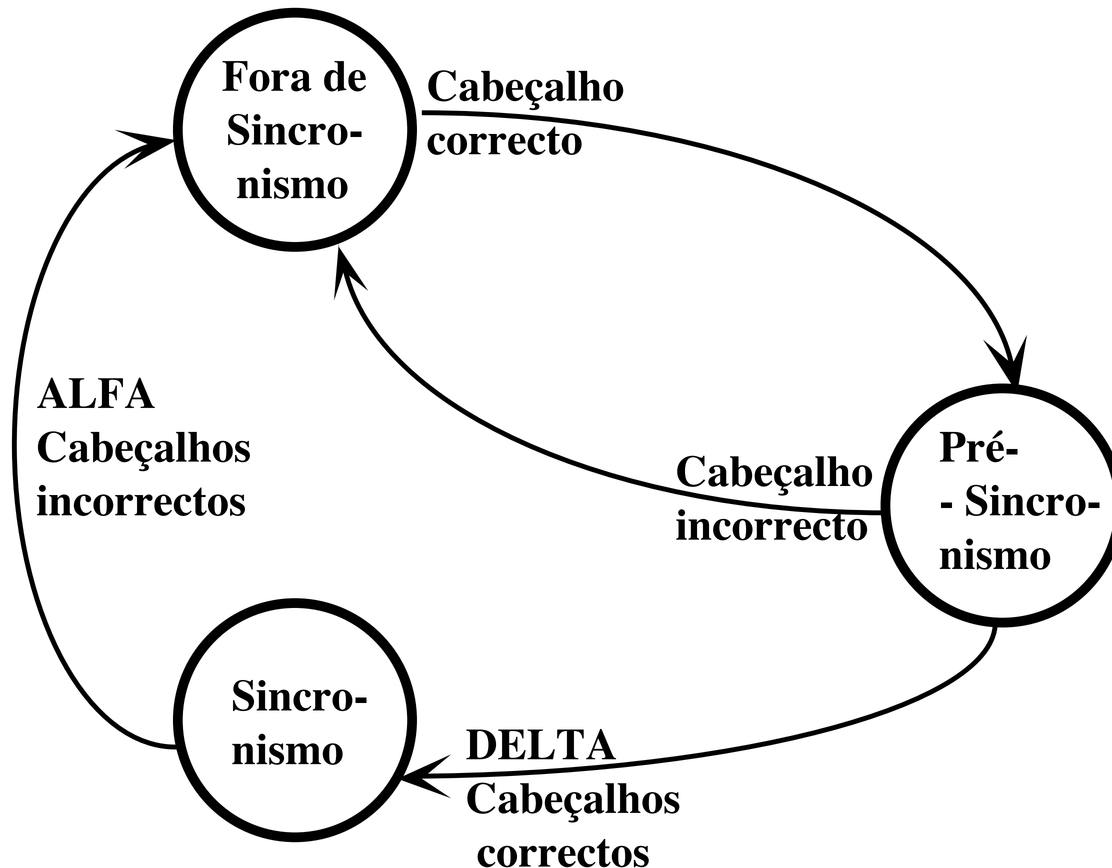
NNI, Network Node Interface

Encaminhamento (28 bits)
- ***12 bits identificação do trajecto virtual (VPI)***
- ***16 bits de identificação de canal virtual (VCI);***

Tipo de Célula *(PT, Payload Type)* ***3 bits***
Prioridade de descarga de células *(CLP, Cell Loss Priority)* ***1 bit;***
Protecção do cabeçalho *(HEC, Header Error Control)* ***8 bits.***

Modo de Transferência Assíncrono

Delineação de Células



Modo de Transferência Assíncrono

Delineação de Células

Palavra de Alinhamento (Rec. I.432.1)

5º Octeto do Cabeçalho, CRC gerado a partir 4 primeiros octetos pelo polinómio $X^8 + X^2 + X + 1$

O Campo de informação da célula é baralhado por um polinómio:

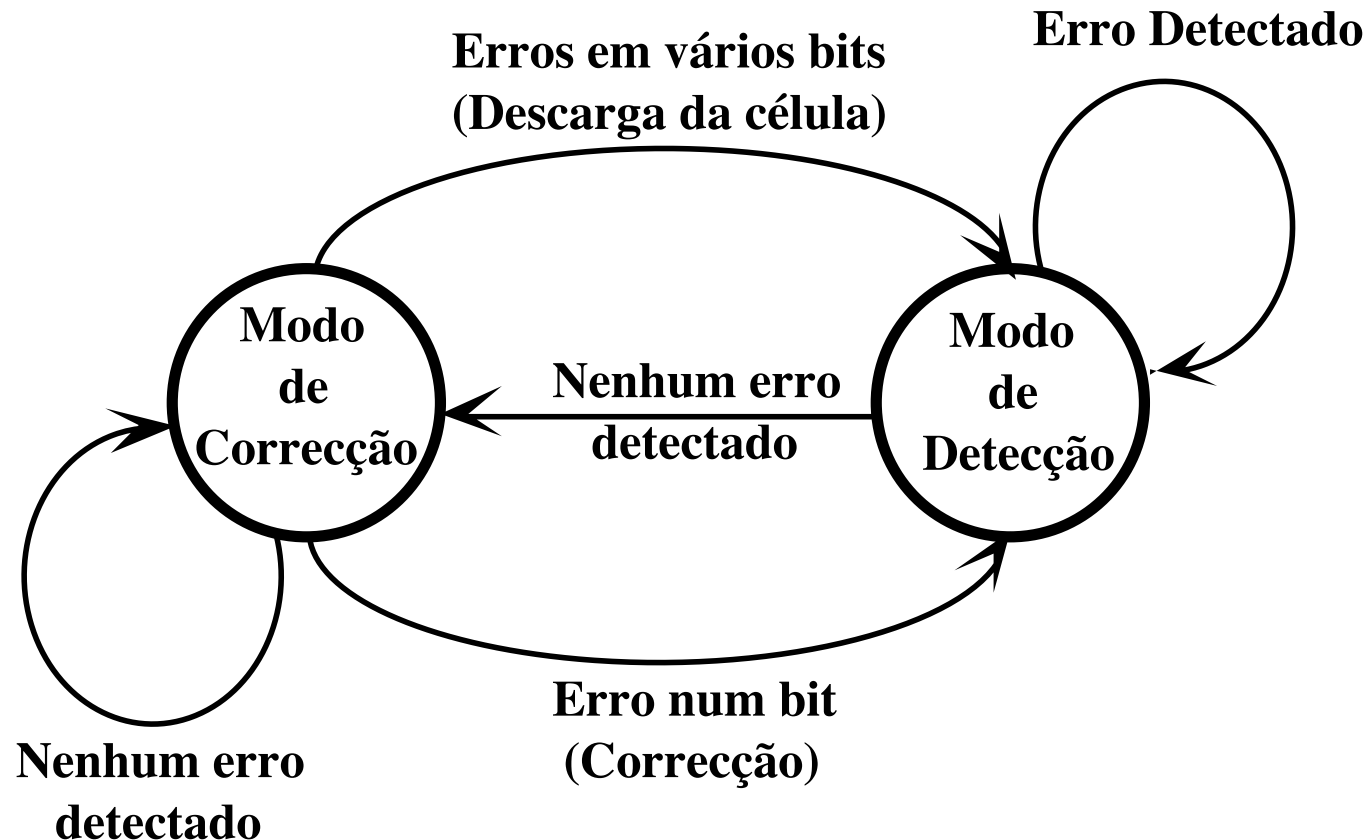
$X^{43} + 1$, auto-sincronizado, nas interfaces baseadas em SDH/PDH;
$X^{31} + X^{28} + 1$, amostra distribuída, nas interfaces baseadas em Células;
$X^{10} + X^7 + 1$, 4B5B-NRTZ, nas interfaces e 25,6 Mbit/; ...

Valores de ALFA e DELTA

ALFA: - 7
DELTA: - 6 ou 8 (Qualidade da Transmissão)

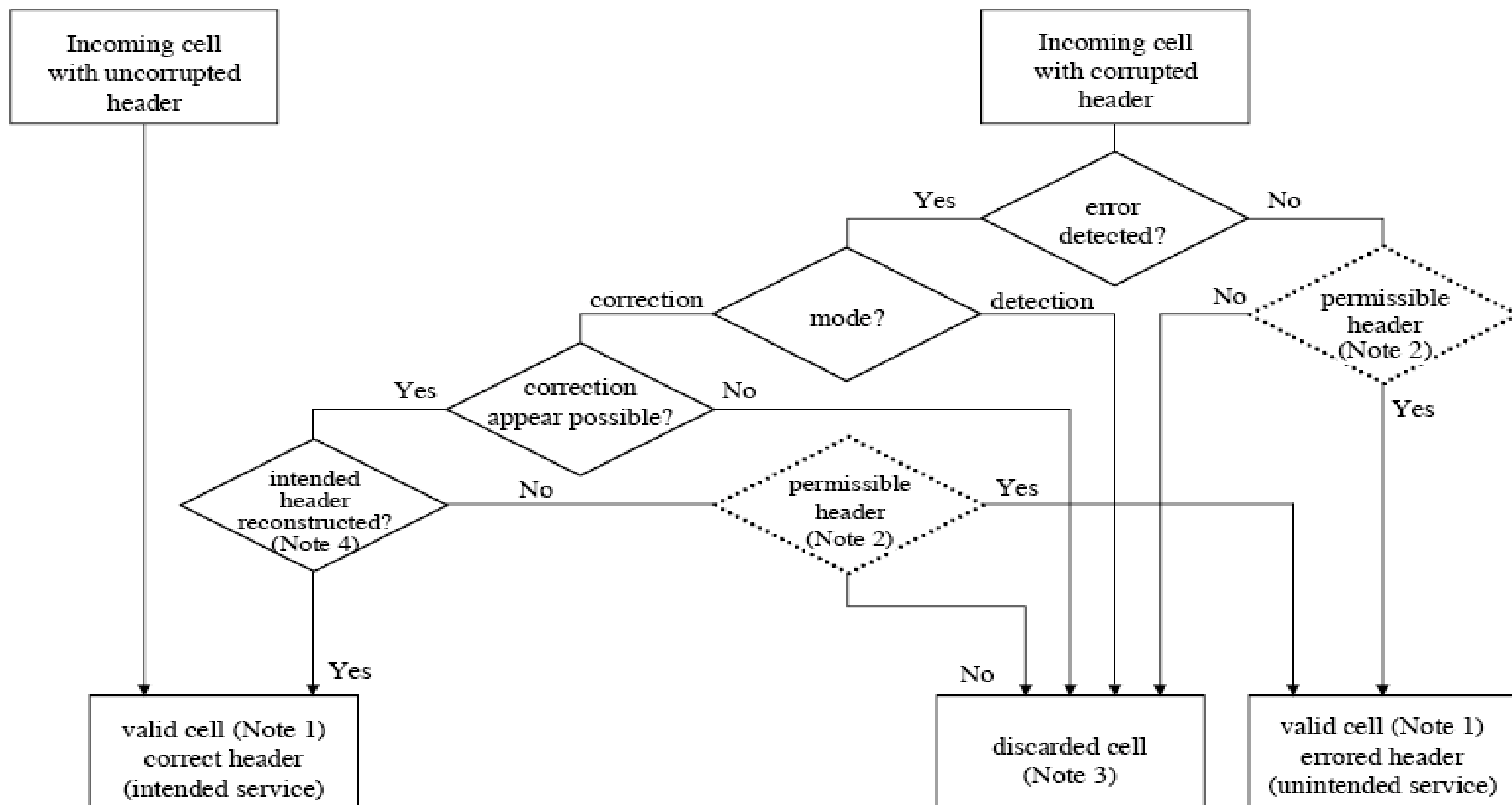
Modo de Transferência Assíncrono

Descarga de Células



Modo de Transferência Assíncrono

Consequências da Detecção de Erros



Modo de Transferência Assíncrono

Camada de Adaptação

Principais Funções

Segmentação e Reunião do fluxo de informação do utilizador;
Averiguar a variação do atraso das células;
Averiguar a perda e inserção errada de células;
Recuperação de relógios na recepção;
Transferência de indicações da qualidade de serviço para o plano de gestão;
Detecção, monitoração e correcção de erros do fluxo de informação do utilizador;
Outras funções específicas de cada serviço.

Modo de Transferência Assíncrono

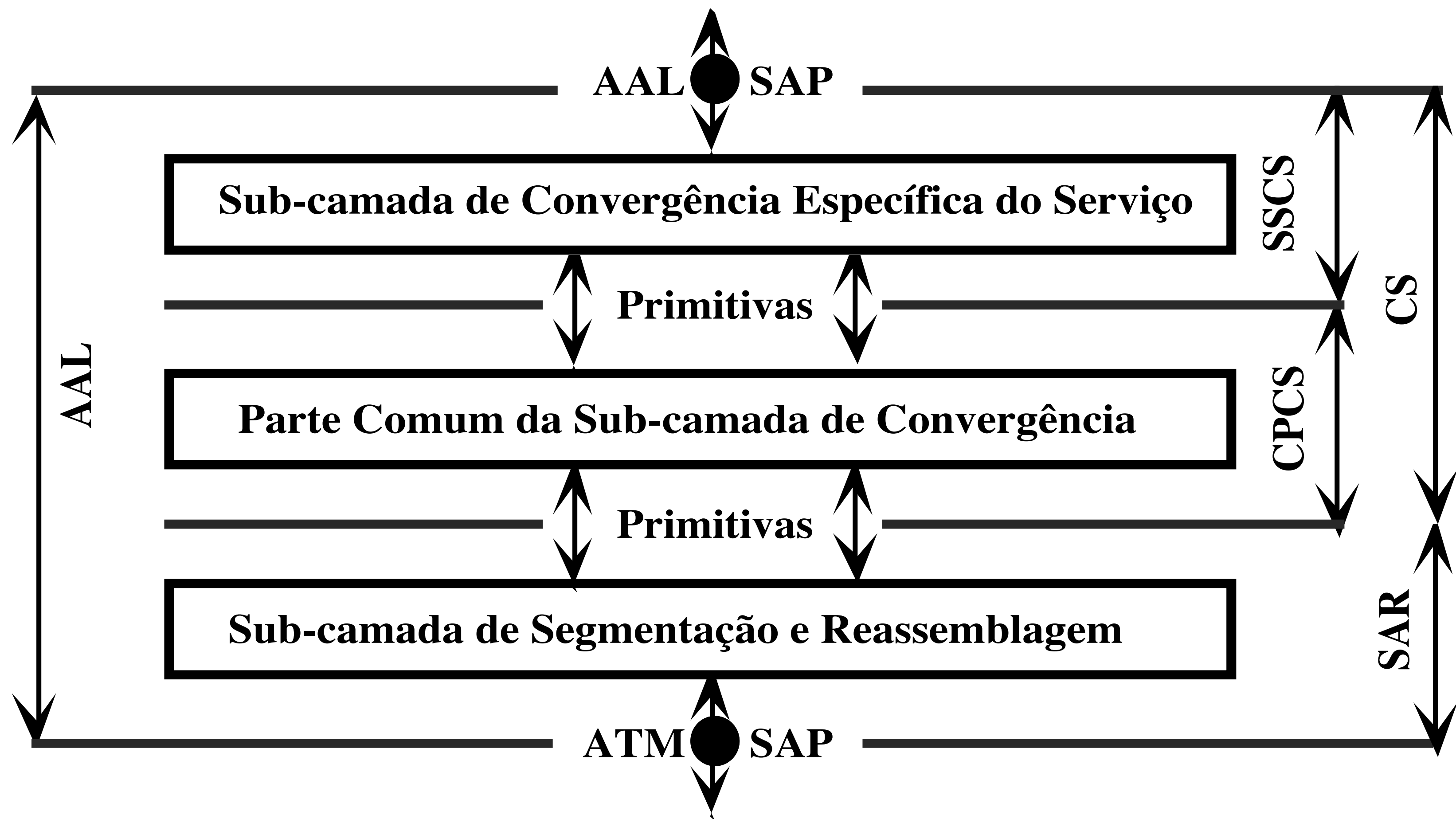
Camada de Adaptação

Classificação dos Serviços na Camada de Adaptação

Características	Classe A	Classe B	Classe C	Classe D
Sincronização Emissor/ Receptor	Exigida		Não exigida	
Débito Binário	Constante	Variável		
Modo de Transferência	Com Conexão			Sem Conexão
AAL-SAR	AAL1	AAL2	AAL3/4	AAL 5 e 3/4

Modo de Transferência Assíncrono

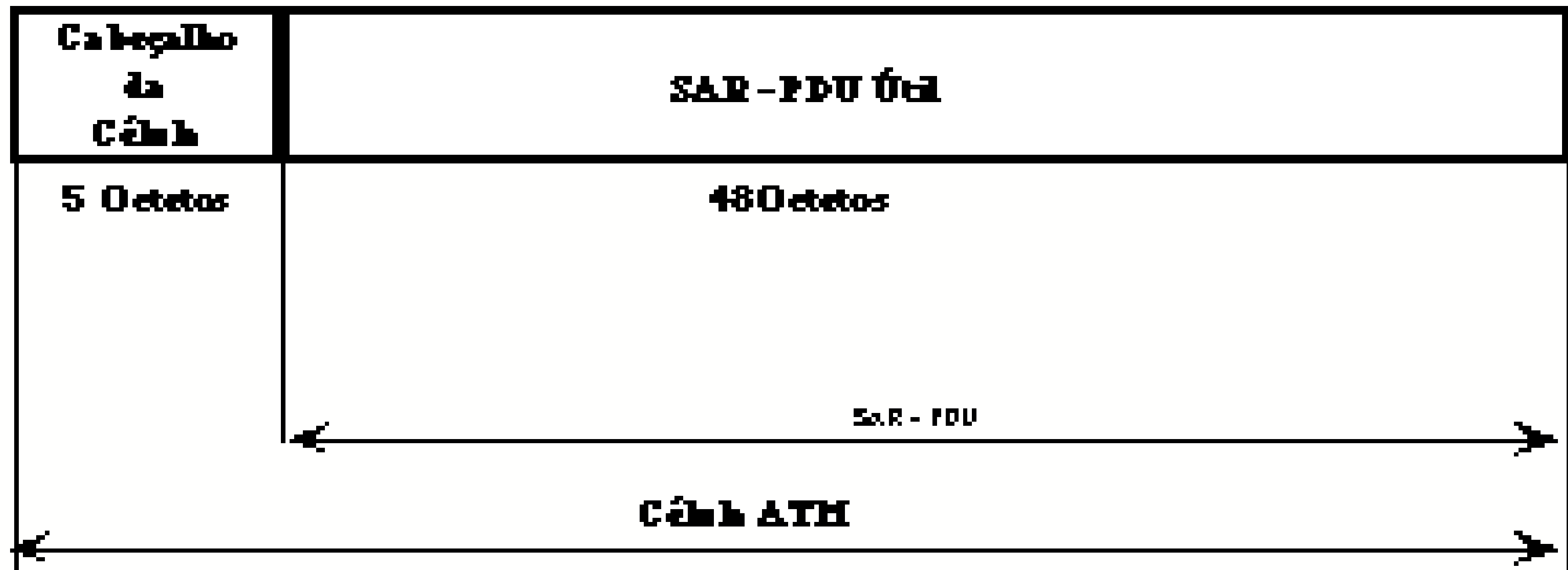
Camada de Adaptação



Modo de Transferência Assíncrono

Camada de Adaptação

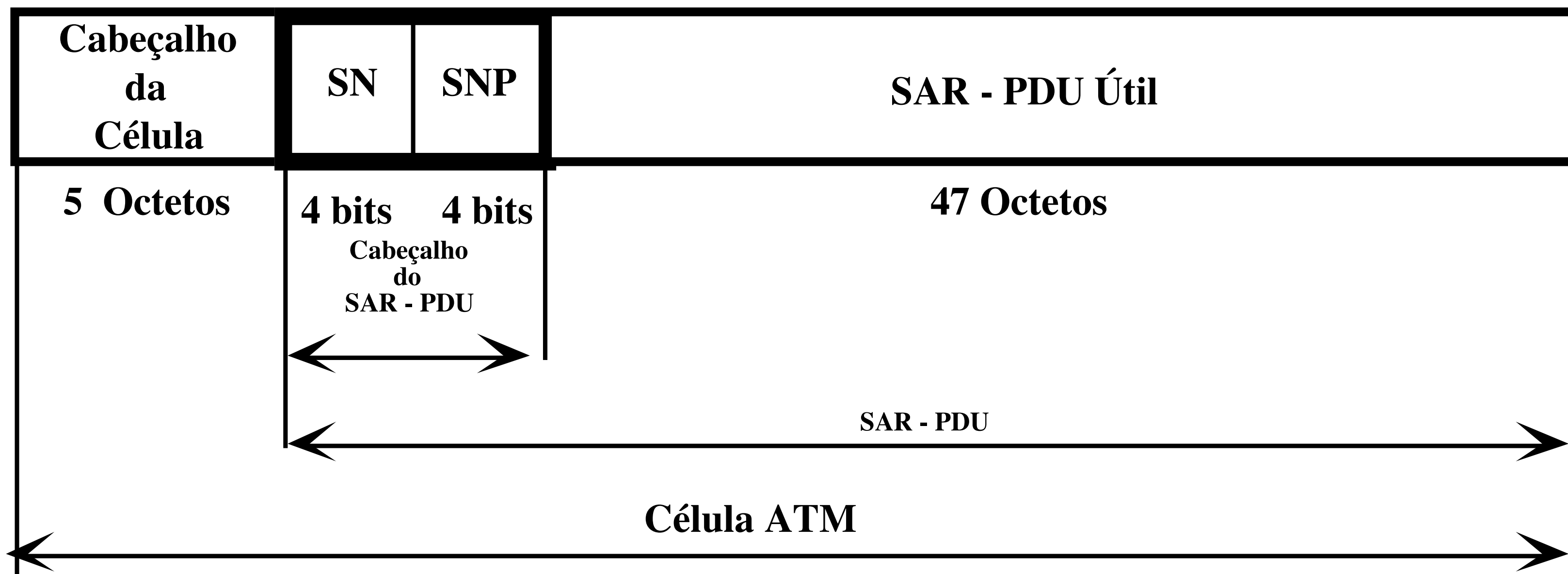
AAL 0



Modo de Transferência Assíncrono

Camada de Adaptação

AAL 1



Camada de Adaptação

AAL 1

Sub-camada de Segmentação e de Reunião

Sincronização e detecção de perda ou inserção errada de células

Quatro bits (SN, Sequence Number) para contagem de células

Quatro bits (SNP, Sequence Number Protection) para sua protecção.

Sub-camada de Convergência

Correcção de erros

Extracção de relógios na recepção, em serviços de débito constante:

Controlo dos níveis das memórias nas interfaces de acesso;

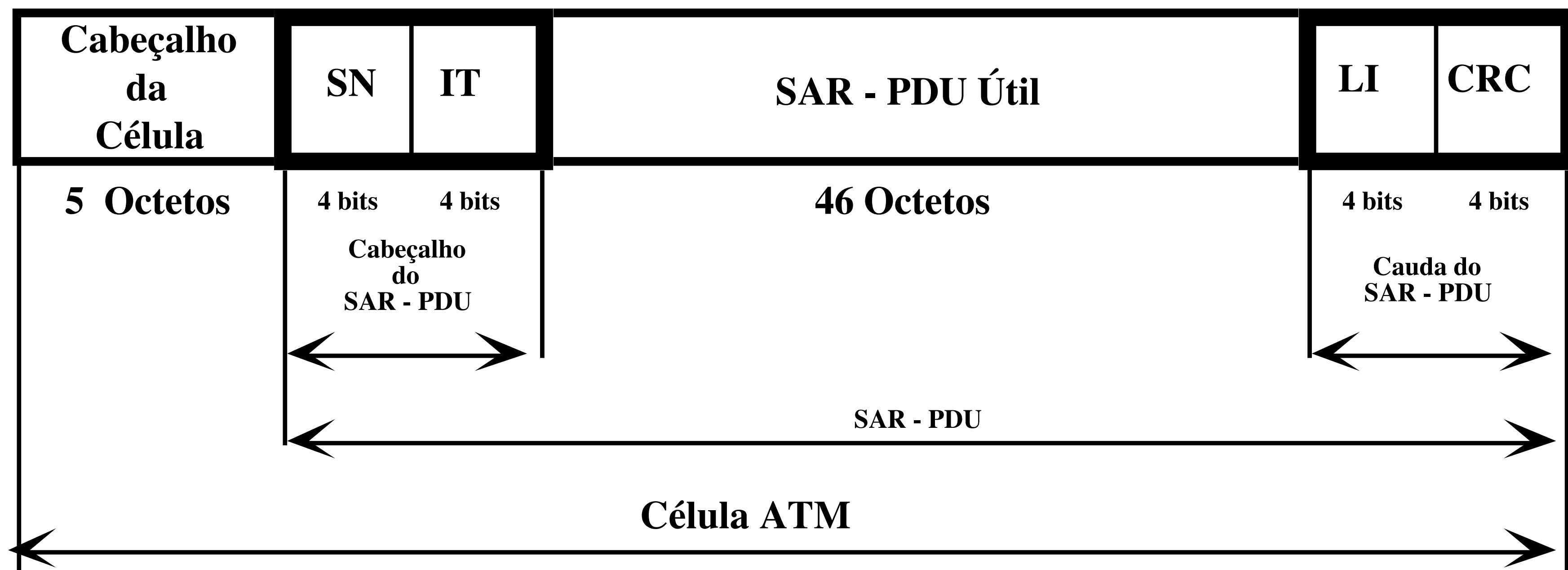
Inserção duma indicação de sincronização no fluxo de informação;

Processamento da contagem das células.

Modo de Transferência Assíncrono

Camada de Adaptação

AAL 2



Camada de Adaptação

AAL 2

Funções

Transferência de unidades de dados de serviço *(AAL-SDU)* **com um débito variável** *(classe B)*

Transmissão de sincronização emissor-receptor

Indicação de perda ou não recuperação de informação recebida com erros

Sub-camada de Convergência

Correcção de erros (não está excluída)

Extracção de relógios na recepção, em serviços de débito variável:

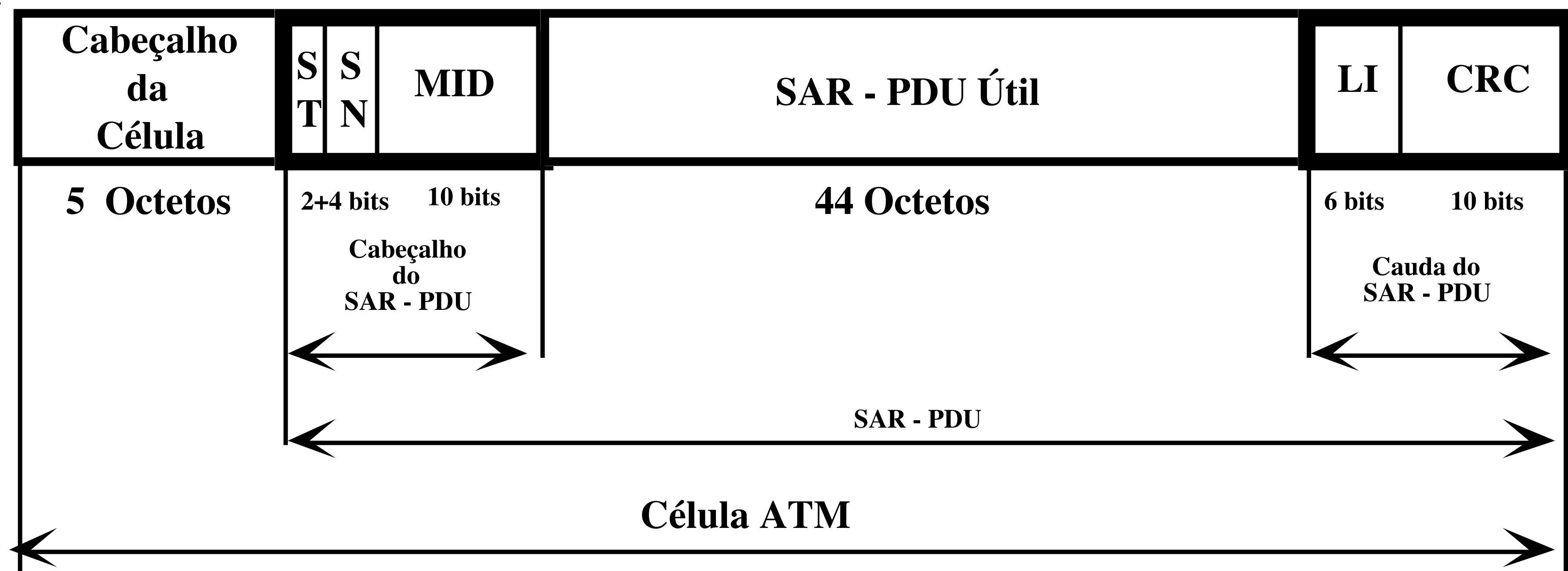
Inserção duma indicação explícita de sincronização;

Processamento da contagem das células, para detecção de perdas e inserção errada de células.

Modo de Transferência Assíncrono

Camada de Adaptação

AAL 3/4



Camada de Adaptação

AAL 3/4

Características

Serviços de Débito variável, sem sincronização emissor/receptor.

Modos de Transmissão: *Mensagem e Fluxo*.

Sub-camada de Segmentação e de Reunião

Principais atribuições: *multiplexagem e a detecção de erros*

Cabeçalho: indicação do tipo de segmento (ST) e numeração (SN) das SAR-PDU de acordo com a identificação de multiplexagem (MID).

Cauda: indicador de comprimento (LI) da CS-PDU, protegido pelo código cíclico redundante (CRC) gerado por $x^{10} + x^9 + x^5 + x^4 + x + 1$.

Sub-camada de Convergência

Delineação e transmissão transparente das PDUs de níveis superiores;

Transferência das SDUs para a camada ATM;

Detecção e processamento de erros;

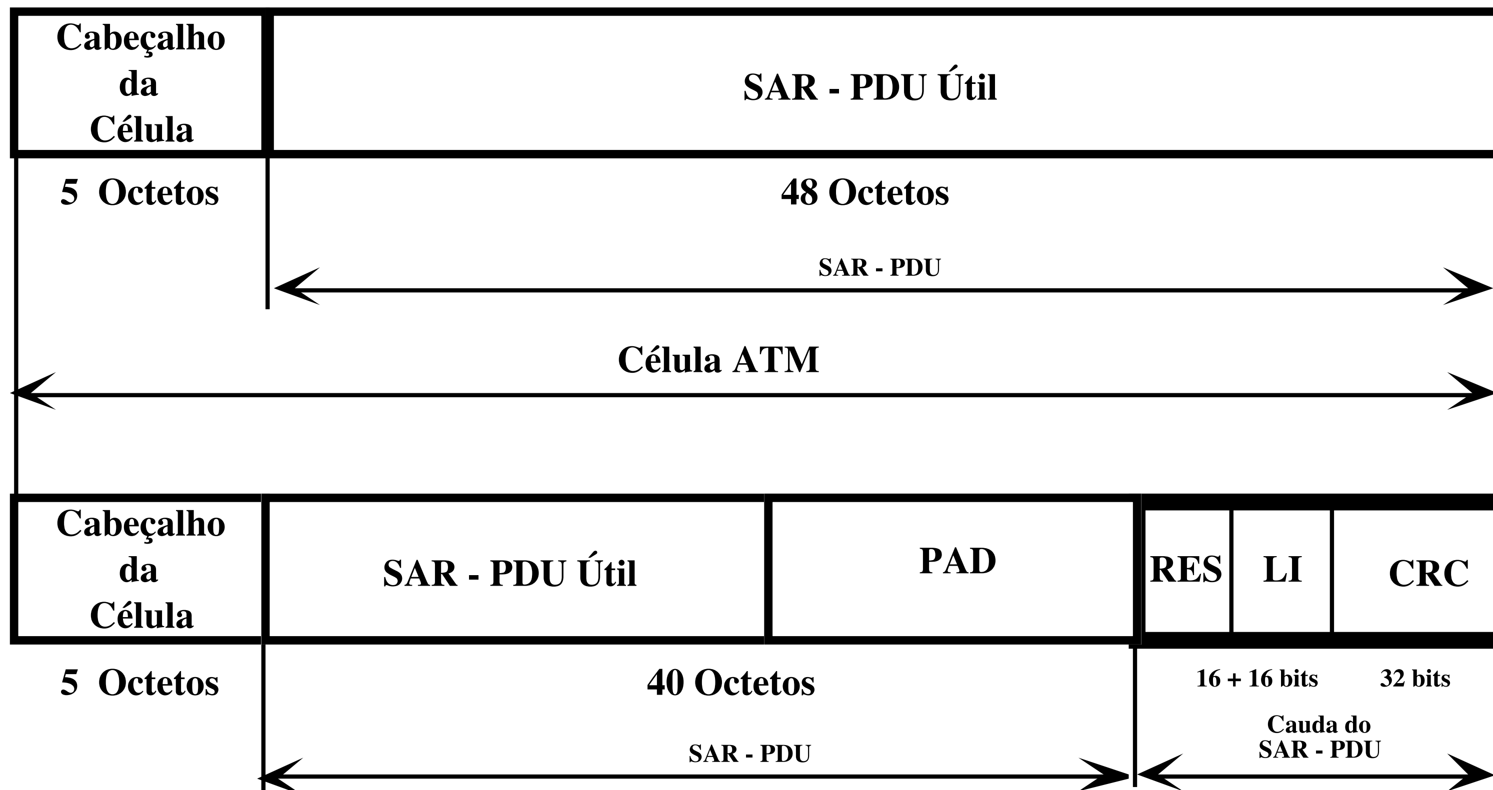
Segmentação de mensagens em blocos e reunião dos blocos em mensagens;

Outras funções ainda não devidamente estudadas.

Modo de Transferência Assíncrono

Camada de Adaptação

AAL 5



Camada de Adaptação

AAL 5

Funções

Transmissão de grandes blocos de informação *(Serviços da Classe D)* **utilizando a totalidade** *(48 octetos)* **da unidade de dados protocolar (SAR-PDU).**

Sub-camada de Segmentação e de Reunião

Só na última célula do bloco de informação

Campo variável de 0 a 40 octetos (PAD, Pading) para ajustar o comprimento do bloco de informação a um múltiplo de 48 octetos;

Cauda ***(8 octetos)***

2 para aplicações não especificadas (RES, Reserved field);

2 para indicação do comprimento do bloco (LI);

4 para protecção do bloco (CRC).

Modo de Transferência Assíncrono
Plano de Controlo

Controlo de Chamadas

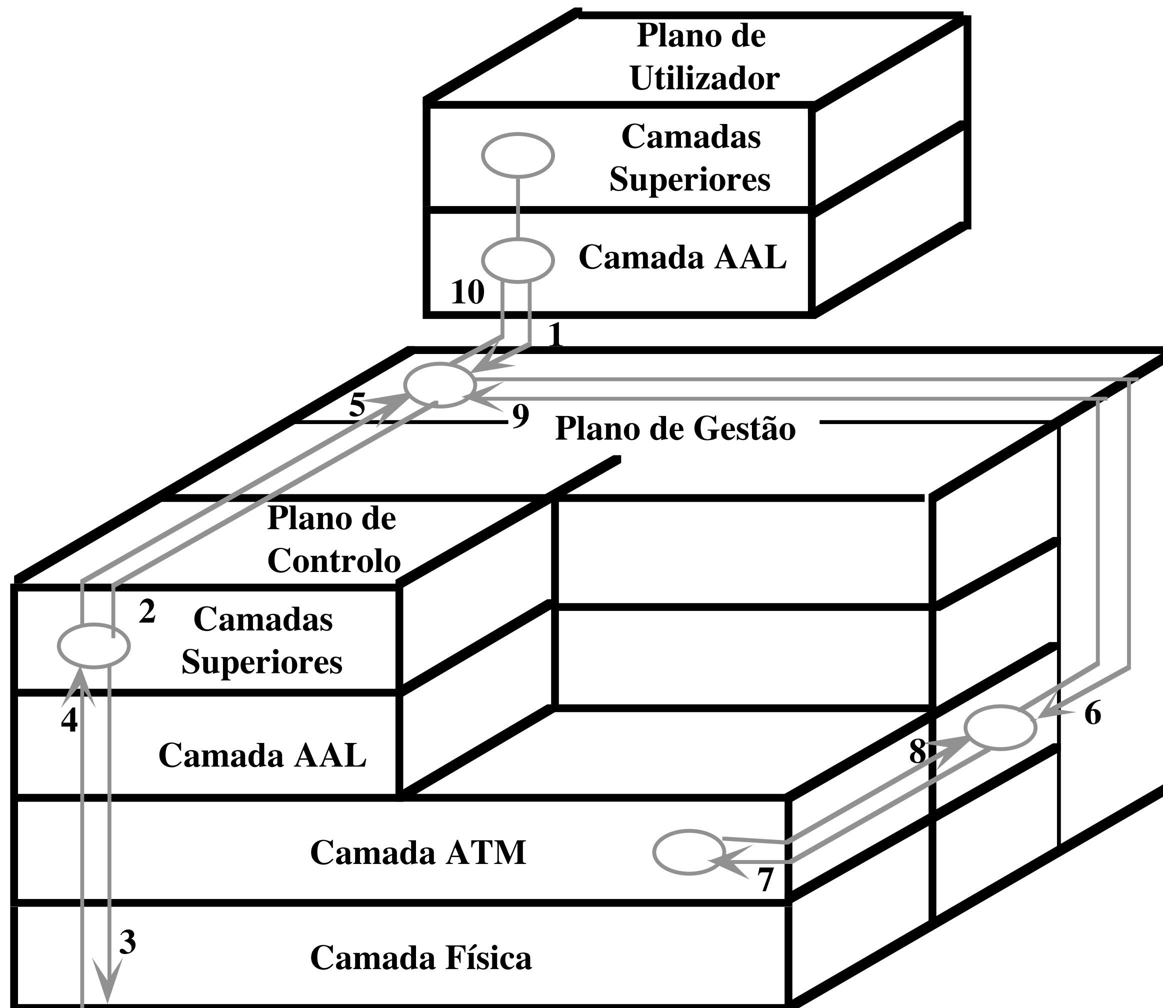
Estabelecer chamadas simétricas e assimétricas;
Atribuição e remoção das múltiplas conexões da chamada;
Juntar ou remover conexões a chamadas em curso;
Correlacionar conexões criando chamadas multiconexão;
Reconfigurar chamadas multiponto.

Controlo de Conexões

Estabelecer, manter e libertar conexões de canal ou de trajecto virtual (VCC e VPC) para transferência de informação;
Suportar configurações ponto-a-ponto, multiponto e difusão;
Negociar as características de tráfego no estabelecimento da conexão;
Renegociar as características de tráfego numa conexão estabelecida.

Modo de Transferência Assíncrono

Admissão de Chamadas



Modo de Transferência Assíncrono

Admissão de Chamadas

1 - O *plano de utilizador* requer a execução de funções das camadas superiores do *plano de gestão* do PRM;

2 - O *plano de gestão* invoca as *entidades de sinalização* (SE) das camadas superiores do *plano de controlo*;

3 e 4 - As *SE negoceiam* com outras SE da rede, utilizando canais virtuais de sinalização (SVC);

5 - As *SE notificam o plano de gestão* dos resultados da negociação;

6 e 7 - O *plano de gestão* propõe à camada ATM do plano de utilizador os *parâmetros de utilização* dos recursos;

8 e 9 - A *camada ATM do plano de utilizador confirma* ao plano de gestão a utilização desses parâmetros;

10 - O plano de *gestão confirma à camada AAL* do plano de utilizador o estabelecimento das conexões ATM.

Modo de Transferência Assíncrono

Parâmetros de Utilização

Transparência Semântica

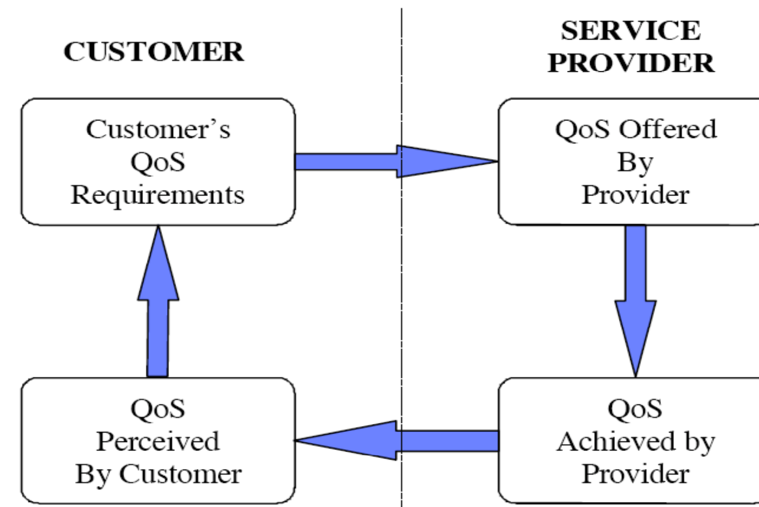
Débito de pico (T_P);
Débito médio (T_M);
Duração média do período de pico (D_P);
Factor de utilização ($F_U = T_M / T_P$)

Transparência Temporal (Sincronização)

Relógio adaptativo
Padrão de sincronização
Mensagem temporal explícita

Qualidade de Serviço

Taxas máximas de perda e inserção errada de células;
Máximo atraso de transmissão;
Máxima variação do atraso;
Outros.



Modo de Transferência Assíncrono

Controlo da Qualidade de Serviço

Controlo Preventivo

- **Fiabilidade da Transmissão** *(Qualidade, Capacidade e Redundância)*
- **Admissão de Conexões**
  - *Estimativa da banda atribuível com garantia da qualidade de serviço negociada;*
  - *Estimativa da qualidade de serviço esperada para a actual banda atribuída.*
- **Encaminhamentos de Conexões**
  - *Maximizar a utilização da banda disponível;*
  - *Minimizar a taxa de bloqueio.*
- **Variação do atraso**
  - *Inclusão de um FIFO para cada conexão, nas interfaces de acesso;*
  - *Sobre-alocação de banda em todos os componentes do percurso das chamadas;*
  - *Sobre-alocação de banda só para o tráfego de débito constante ou pouco variável.*

Controlo Reactivo

- *Mecanismos de Policiamento dos Parâmetros de Utilização;*
- *Marcação e Descarga de Células;*
- *Congestionamentos.*

Modo de Transferência Assíncrono

Categorias de Serviço e Classes de QoS

Categorias de Serviço ATM	Classes de QoS Aplicáveis
CBR, rt-VBR	Class 1 (stringent class)
CBR, rt-VBR	Class 2 (tolerant class)
nrt-VBR, ABR	Class 3 (bi-level class)
UBR, ABR, GFR	U class

CBR – Constant Bit Rate
VBR – Variable Bit Rate
ABR – Available Bit Rate
UBR – Unspecified Bit Rate
GFR – Guaranteed Frame Rate
rt – real-time
nrt – non real-time

Modo de Transferência Assíncrono

Categorias de Serviço - ATM Forum

Parâmetros de tráfego:

- *Peak Cell Rate (PCR);*
- *Sustainable Cell Rate (SCR);*
- *Maximum Burst Size (MBS);*
- *Minimum Cell Rate (MCR).*

Parâmetros de qualidade de serviço:

- *Cell Delay Variation (CDV);*
- *Maximum Cell Transfer Delay (Max CTD);*
- *Cell Loss Ratio (CLR).*

Modo de Transferência Assíncrono

Classes de Qualidade de Serviço - ITU

Classe 1 (stringent):

– Classe de QoS por omissão - CLR baixo;

– Requer buffers pequenos (100 células).

Classe 2 (tolerant):

– Classe de QoS com CDV/CTD altos e mais elevados que os da classe 1;

– Não impõe limitações na CDV;

– Obriga à utilização de buffers maiores (>1000 células) que na classe 1.

Classe 3 (bi-level):

– Classe de QoS de alto CLR;

– Valores de CLR maiores que na classe 1 e maior tolerância de CDV do que na classe 1;

– Utiliza buffers pequenos.

Classe U:

– Classe de QoS sem especificação de limites de parâmetros de QoS.

Modo de Transferência Assíncrono

Parâmetros de Utilização - **Rec. I.371**

Peak Cell Rate (PCR):

- *especifica o limite superior do débito da conexão ATM;*
- *corresponde ao inverso do mínimo intervalo de tempo entre duas células consecutivas observadas na conexão ATM.*

Sustainable Cell Rate (SCR):

Representa o débito médio de transmissão de células durante a conexão ATM.

Intrinsic Burst Tolerance (IBT):

define o tamanho máximo do "burst" que a fonte pode emitir ao débito de pico (PCR).

Minimum Cell Rate (MCR):

define o débito garantido pela rede durante a conexão ATM;

parâmetro utilizado na categoria de serviço ABR.

Modo de Transferência Assíncrono

Controlo dos Parâmetros de Utilização (UPC)

Mecanismos de Policiamento: - *Conta-gotas* ***(LB, Leaky Bucket)****; Janela móvel* ***(JW, Jumping Window)****; Janela móvel sincronizada* ***(TJW, Triggered Jumping Window)****; Média deslizante pesada exponencialmente* ***(EWMA, Exponentially Weighted Moving Average)****; Janela deslizante* ***(MW, Moving Window)***

Descarga de Células: - ***Marcar células*** *para descarga prioritária;* ***Descarregar células marcadas*** *para descarga prioritária;* ***Descarregar células não marcadas*** *para descarga prioritária.*

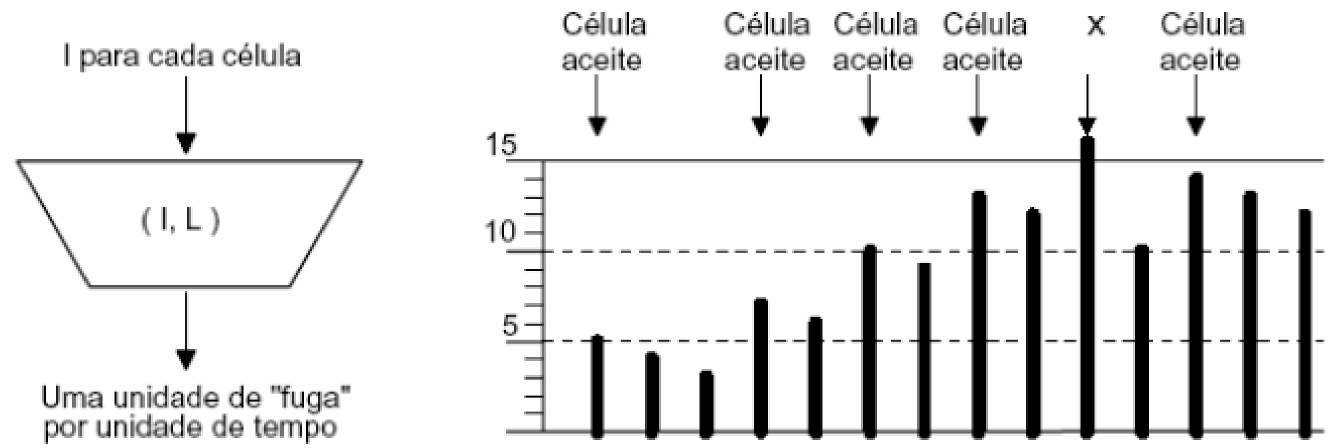
Congestionamentos: - ***Débito das fontes*** *de tráfego; Prioridade das células; Prioridade dos serviços.*

Modo de Transferência Assíncrono

Leaky Bucket

Generic Cell Rate Algorithm (GCRA):

- *Controlo de fontes de tráfego de débito variável;*
- *O parâmetro I é função do ritmo PCR negociado; enquanto o parâmetro L é função do IBT da rede (na figura, I=5 e L=15).*



Sempre que é recebida uma célula o contador é incrementado de I unidades (5);
Por cada unidade de tempo o contador é decrementado de uma unidade;
Enquanto o contador não atingir o valor do parâmetro L (correspondente ao "reservatório“ cheio), a célula é aceite.
Quando o contador ultrapassar o valor de L, a célula é marcada com CLP=1.

Modo de Transferência Assíncrono

Controlo dos Parâmetros de QoS

Cell Error Ratio (CER): - *Quociente entre o nº de células erradas e o nº total de células transferidas.*

(São excluídos do cálculo do CER os blocos de células consideradas para o cálculo do parâmetro SECBR).

Severely Errored Cell Block Ratio (SECBR): - *Quociente entre o total de blocos de células severamente erradas (i.e. entre 2 células OAM) e o nº total de blocos de células transferidas num determinado intervalo de tempo.*

Cell Loss Ratio (CLR): - *Quociente entre o nº de células erradas e o nº total de células transferidas num determinado intervalo. (São excluídas do cálculo do CLR as células perdidas e transmitidas de um bloco de células consideradas severamente erradas.)*

Cell Misinsertion Rate (CMR): - *nº de células mal inseridas observadas na unidade de tempo. (São excluídas do cálculo do CMR as células mal inseridas de um bloco de células consideradas severamente erradas.)*

Em regra, são observadas as seguintes relações de grandeza:

CMR << CLR << CER

Modo de Transferência Assíncrono

Controlo dos Parâmetros de QoS

Mean Cell Transfer Delay (MCTD): - *Média aritmética dos valores do atraso de transferência, observados num número especificado de células.*

Os atrasos são devidos ao tempo de propagação nas linhas de transmissão e à comutação.
Na camada ATM, as filas de espera do processo de multiplexagem podem causar atrasos adicionais.

Cell Delay Variation (CDV): - *Variação do atraso de transferência de células (CTD) causada por variações no comprimento das filas de espera e por variações nos atrasos associados à multiplexagem das células.*

Esta variação acentua-se com a multiplexagem de tráfego muito variável ou quando existem situações de congestionamento nos comutadores ATM.

Modo de Transferência Assíncrono

Controlo dos Parâmetros de QoS

Parâmetro de QoS	Classe 1 (*stringent*)	Classe 2 (*tolerant*)	Classe 3 (*bi-level*)	Classe U
CTD	400ms	N	N	N
CDV	3ms	N	N	N
CLR 0+1	$3\ 10^{-7}$	10^{-5}	N	N
CLR 0	nulo	nulo	10^{-5}	N
CER	$4\ 10^{-6}$	$4\ 10^{-6}$	$4\ 10^{-6}$	N
CMR	1/dia	1/dia	1/dia	N
SECBR	10^{-4}	10^{-4}	10^{-4}	N

N - Não limitado / Não especificado

Modo de Transferência Assíncrono

Fontes de degradação da QoS

Atributo	CER	SECBR	CLR	CMR	MCTD	CDV
Atraso de propagação					X	
Estatística de erros físicos	X	X	X	X		
Arquitectura de comutação			X		X	X
Capacidade dos *buffers*		X	X		X	X
Carga de tráfego			X	X	X	X
Número de nós em cascata	X	X	X	X	X	X
Atribuição de recursos			X		X	X
Falhas	X	X	X			

Modo de Transferência Assíncrono

Categorias de Serviço - ATM Forum

ATM Forum TM 4.0 "ATM Service Category"	ITU-T I.371 "ATM Transfer Capability"	Uso típico
Constant Bit Rate (CBR)	Deterministic Bit Rate (DBR)	Tempo real, Garantias de QoS
Real-Time Variable Bit Rate (rt-VBR)	(em estudo)	Tempo real, multiplexagem estatística
Non-Real-Time Variable Bit Rate (nrt-VBR)	Statistical Bit Rate (SBR)	Multiplexagem estatística
Available Bit Rate (ABR)	Available Bit Rate (ABR)	Exploração de recursos, Controlo de realimentação
Unspecified Bit Rate (UBR)	(sem equivalente)	Melhor esforço, sem garantias
(sem equivalente)	ATM Block Transfer (ABT)	Controlo de realimentação ao nível de Burst
Guaranteed Frame Rate (GFR)	Guaranteed Frame Rate (GFR)	Garantia de transporte de tramas

Modo de Transferência Assíncrono

Categorias de Serviço - ATM Fórum

	Atributo	CBR	rt-VBR	nrt-VBR	UBR	ABR	GFR
Parâmetros de Tráfego	PCR, CDVT	E	E	E	E	E	E
	SCR, MBS	na	E	E	na	na	E
	MCR	na	na	na	na	E	E
	MFS	na	na	na	na	na	E
Parâmetros de QoS	Peak-to-Peak CDV	E	E	ne	ne	ne	ne
	Max CTD	E	E	ne	ne	ne	ne
	CLR	E	E	E	ne	Baixo	Baixo
Outros atributos	Realimentação	ne	ne	ne	ne	E	ne

E - Especificado ne - Não Especificado na - Não Aplicável

Modo de Transferência Assíncrono

Categorias de Serviço - ATM Fórum

ÁREAS DE APLICAÇÃO	CBR	rt-VBR	nrt-VBR	ABR	UBR
DADOS CRÍTICOS	+++	+	++	+++	
INTERLIGAÇÃO DE LAN / EMULAÇÃO DE LAN	+	+	++	+++	++
TRANSPORTE DE DADOS / INTERWORKING (IP - FR - SMDS)	+	+	++	+++	++
EMULAÇÃO DE CIRCUITOS - PABX	+++	++			
POTS / RDIS -VIDEOCONFERÊNCIA	+++				
AUDIO COMPRIMIDO	+	+++	++	++	+
DISTRIBUIÇÃO DE VIDEO	+++	++	+		
MULTIMEDIA INTERACTIVO	+++	+++	++	++	+

+++ - Óptimo; ++ - Bom; + - Razoável; em branco - não adequado

Modo de Transferência Assíncrono

Sinalização

Camada ATM

- ***Canais Virtuais de Sinalização (SVCI)***
- ***Trajectos Virtuais de Sinalização (SVPI)***

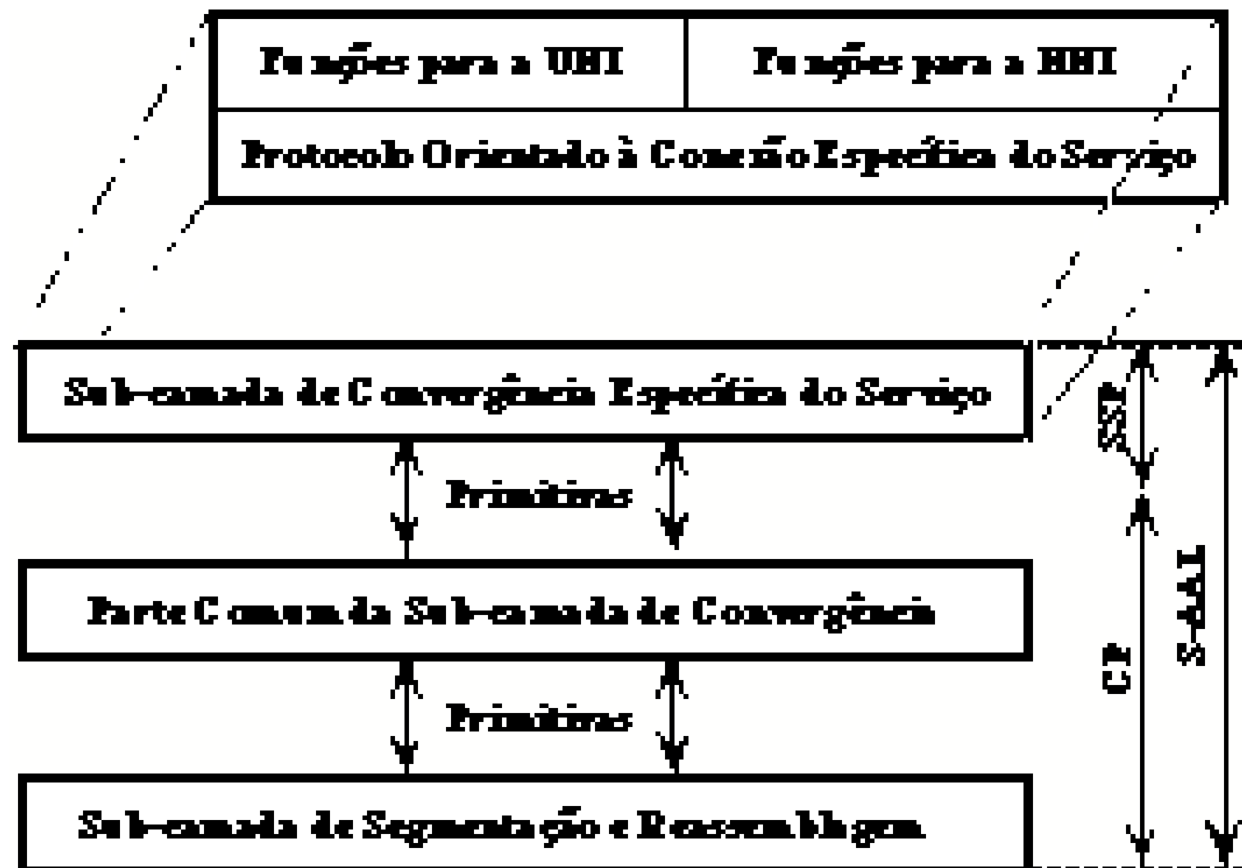
Funções de Sinalização

- **Serviços *de Distribuição*** *(Apresentação Controlada pelo Utilizador)*
- **Serviços *Interactivos***
  - *Capacidade de suportar simultaneamente várias combinações de serviços;*
  - *Atribuição e negociação dos parâmetros da qualidade de serviço, dos débitos binários e dos parâmetros do nível ATM;*
  - *Transporte de parâmetros de sinalização associados a funções de níveis superiores ao ATM, até ao nível de rede;*
  - *Execução dos requisitos de interfuncionalidade.*

PNNI, Private Network Network Interface *(ATM Forum)*

Modo de Transferência Assíncrono

AAL de Sinalização



Modo de Transferência Assíncrono

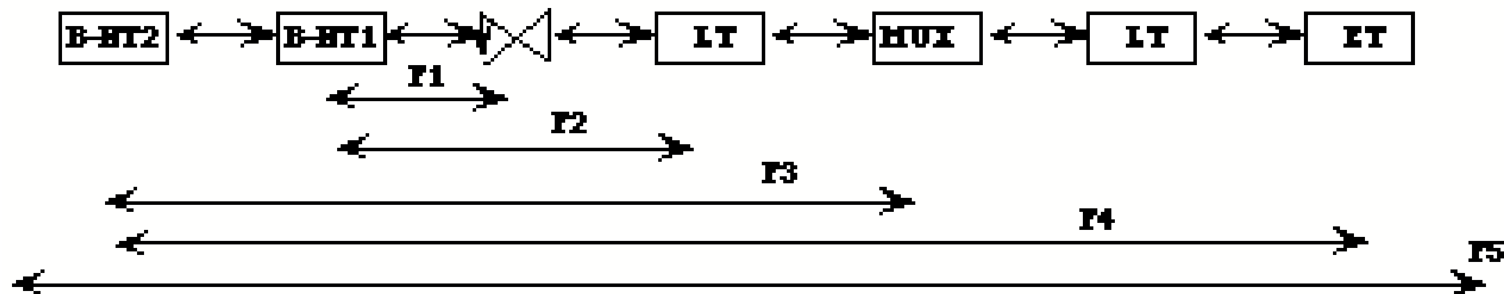
Plano de Gestão

Canais de Meta Sinalização

- *VPIs e VCIs dedicados para o utilizador aceder aos canais de sinalização.*

Operação e Manutenção *(OAM, Operation and Maintenance*

- ***Fluxos OAM*** *(Células com PT=100, PT=101 ou PT=110)*



ILMI, Interim Local Management Interface *(ATM Forum)*
Redes de Gestão *(TMN, Telecommunications Management Network)*
Redes Inteligentes *(IN, Intelligent Network)*

Transmissão de Células ATM na SDH

9
261
STM-1
VC-4
3
SOH
1
AU-4 PTR
5
SOH
J1
B3
C2
G1
F2
H4
Z3
Z4
Z5
Célula ATM
260
VC-4 POH



Transmissão de Células ATM na SDH

Cabeçalhos das tramas do STM-1

Cabeçalho	Funções
STM-1 (SOH)	
	Alinhamento de trama
	Identificação (STM-1)
	Monitoração de erros
AU-4 PTR	
	Apontador do AU-4
	Alarmes
VC-4 (POH)	
J1	*Identificação/verificação do trajecto*
B3	*Monitoração de erros no trajecto*
C2	*Etiqueta de sinalização do trajecto*
G1	*Relatório de erros no trajecto*
H4	*Posição da 1ª célula no VC-4*
Z3-5	*Supervisão da delineação de células*
	Monitoração de erros do cabeçalho

Transmissão de Células ATM no *STM-4*

9 × 4 octets
261 × 4 octets
9
SOH
AU pointer
SOH
VC-4-4C
POH
ATM payload: 599 040 kbit/s
J1
B3
C2
G1
N1
Fixed stuff
Fixed stuff
Fixed stuff

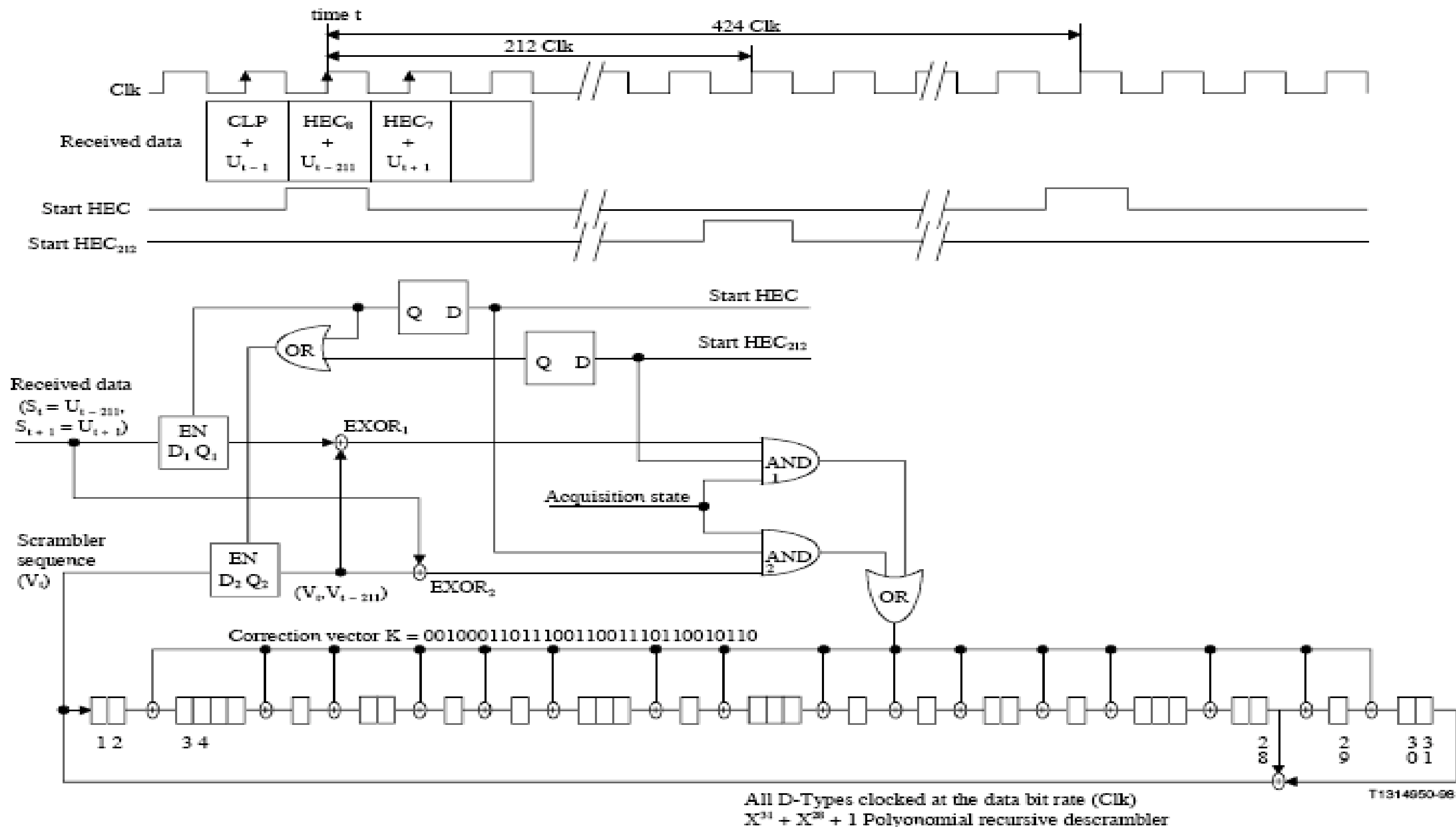
STM-4 SOH structure

A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A2	A2	A2	A2	A2	A2	A2	A2	A2	A2	A2	A2	J0											
B1																																			
AU pointers																																			
B2	B2	B2	B2	B2	B2	B2	B2	B2	B2	B2	B2													K2											
S1														M1																					

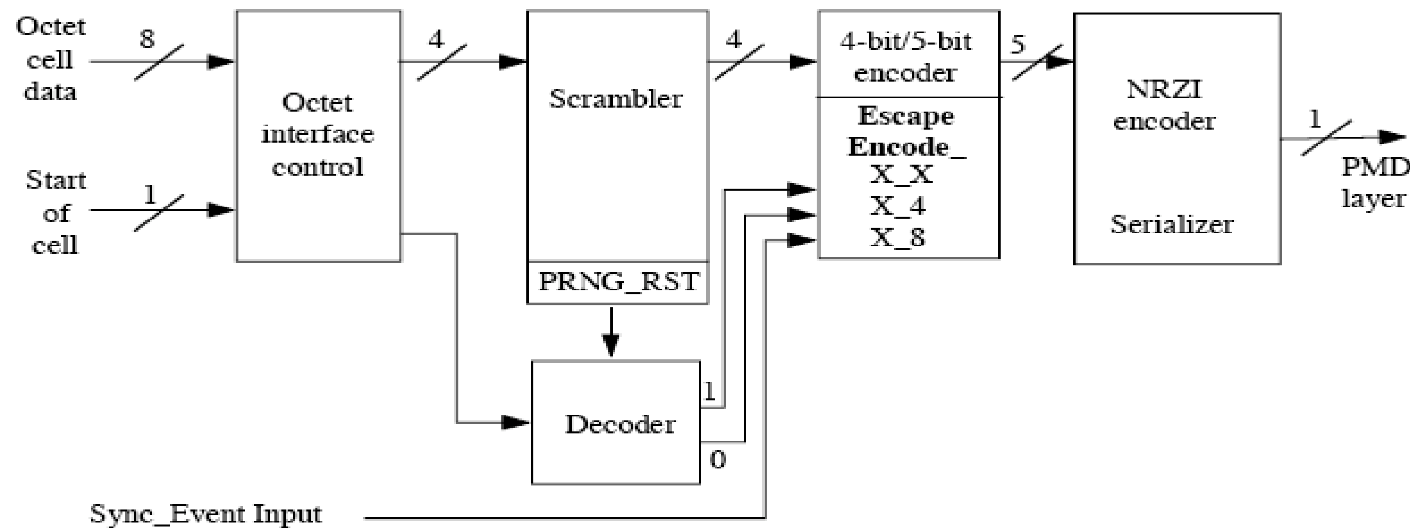
ATM cell

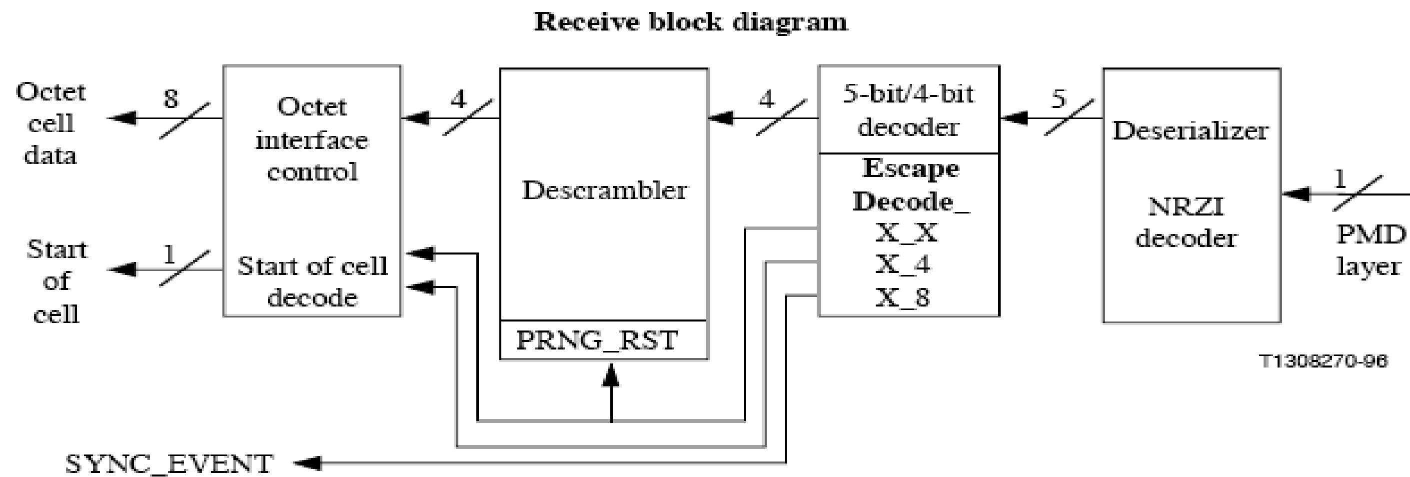
T1310990-97

Recepção nas Interfaces baseadas em Células

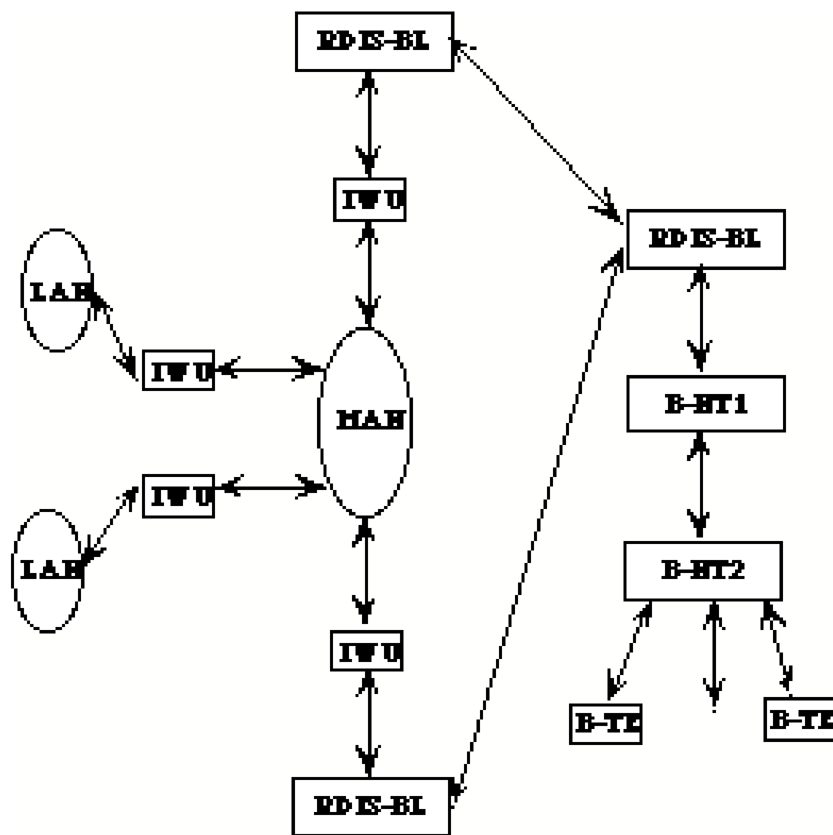


Transmissão de Células na Interface de 25,6 Mbit/s





Integração de Redes Locais em Redes ATM



ATM Forum

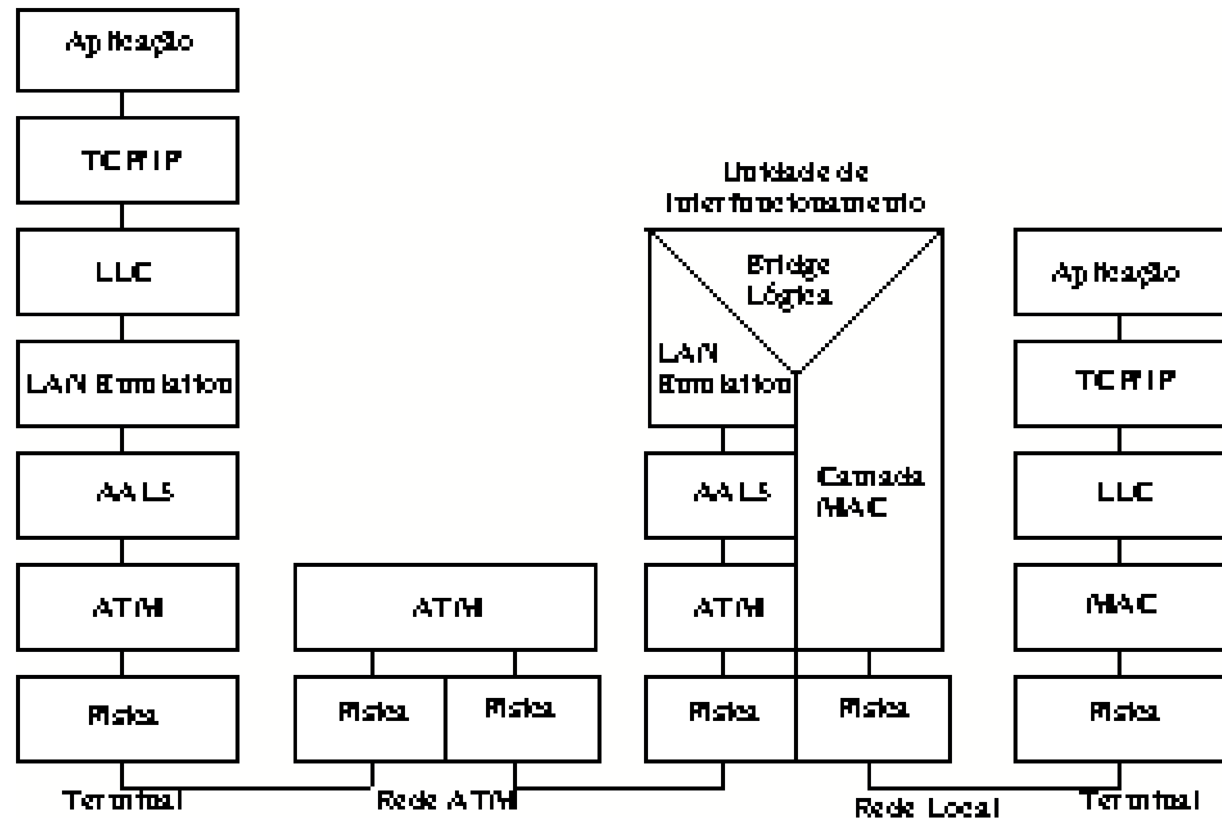
- Classical IP
- IP sobre ATM
- LANE
- MPOA
- Frame Relay
- Cell Relay

IWU

- RDIS/ATM (PDH)
- ATM/Ethernet
- ATM/DQDB (MANs) FDDI

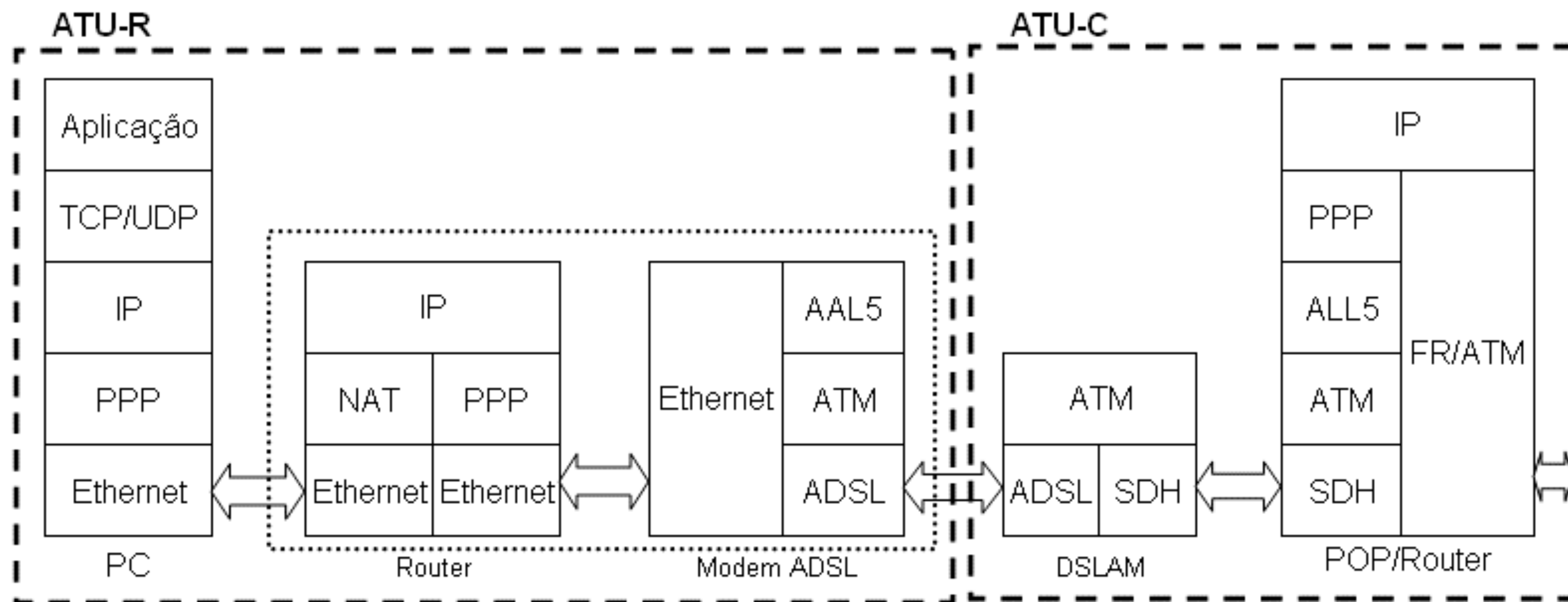
Integração de Redes Locais em Redes ATM

LAN Emulada



Integração de Redes de Acesso em Redes ATM

Lacete Local ADSL 2



ATU-R/C: *-ADSL Termination Unit - Remote/Central*

Integração de Redes de Acesso em Redes ATM

Modelos Funcionais para Tráfego IP

